

**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN *HEAT  
EXCHANGER CROSS FLOW RECTANGULAR FIN  
TUBE VARIASI PUTARAN ROTARY DRYER***



Tugas Akhir Ini Disusun sebagai Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Strata Satu Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

**Disusun oleh:**  
**Eko Mulyo Wibowo**  
**D200140014**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2018**

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eko Mulyo Wibowo  
NIM : D200140014  
Program Studi : Teknik mesin  
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul "**Rancang Bangun dan Pengujian *Heat Exchanger Cross Flow Rectangular Fin Tube Variasi Putaran Rotary Dryer***" merupakan hasil penelitian sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana strata satu pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan dari penelitian atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasi dan atau pernah dipakai untuk mendapat gelar sarjana di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, Juni 2018

Yang menyatakan



Eko Mulyo Wibowo

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "**Rancang Bangun dan Pengujian Heat Exchanger Cross Flow Rectangular Fin Tube Variasi Putaran Rotary Dryer**" telah disetujui oleh pembimbing tugas akhir untuk dipertahankan di depan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh

Nama : Eko Mulyo Wibowo

NIM : D200140014

Disetujui pada

Hari : Kamis

Tanggal : 7 Juni 2018

Pembimbing

Tugas Akhir



Ir. Sartono Putro, M.T.

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "**Rancang Bangun dan Pengujian Heat Exchanger Cross Flow Rectangular Fin Tube Variasi Putaran Rotary Dryer**" telah dipertahankan di depan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh

Nama : Eko Mulyo Wibowo

NIM : D200140014

Disahkan pada

Hari :

Tanggal :

Dewan Penguji :

1. Ketua : Ir. Sartono Putro, M.T.

(.....)

2. Anggota 1 : Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.

(.....)

3. Anggota 2 : Ir. Subroto, M.T.

(.....)

Mengetahui,

Dekan  
Fakultas Teknik

Ketua  
Program Studi

Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

Ir. Subroto, M.T.

## LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR



Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 70 / A.4-II /2018 Tanggal 19 Februari 2018 dengan ini:

Nama : Ir. Sartono Putro M.T  
Pangkat/Jabatan : Lektor  
Kedudukan : Pembimbing

memberikan soal Tugas Akhir kepada mahasiswa:

Nama : Eko Mulyo Wibowo  
Nomor Induk : D200140014  
NIRM : -  
Prodi/Semester : Teknik Mesin / 8  
Judul/Topik : Rancang Bangun dan Pengujian *Heat Exchanger Cross Flow Rectangular Fin Tube Variasi Putaran Rotary Dryer*

Rincian Soal/Tugas :

- Desain dan pembuatan.
- Pengujian dengan variasi putaran *rotary dryer*.
- Pengujian dengan 2 *rectangular fin tube* dan 4 *rectangular fin tube*.

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Surakarta, 20 Februari 2018

Pembimbing

Tugas Akhir

Ir. Sartono Putro, M.T

Keterangan :

1. Warna biru untuk kajar
2. Warna kuning untuk pembimbing
3. Warna putih untuk mahasiswa

## **MOTTO**

**“Karena sesungguhnya setelah kesulitan ada kemudahan”  
(QS. Al-Insyirah ayat 5-6)**

**“Tulislah apa yang ada dalam pikiranmu sekarang, tidak  
harus secepatnya berguna, tapi pasti suatu hari akan  
berarti” (Nazriel Irham)**

**Jika kamu menginginkan hal besar maka berdoalah kepada  
penciptanya (Sang Maha Pencipta), lantas berusaha diawali  
basmallah kemudian lakukan dengan tekun. (Penulis)**

**Gunakanlah ilmu bermanfaat bagi diri sendiri dan orang  
lain, Allah akan meninggikan derajat orang-orang yang  
beriman diantara kamu dan orang-orang yang memiliki  
ilmu pengetahuan” (QS Al Mujadillah : 11)**

## **PERSANTUNAN**

Karya ini merupakan suatu wujud akhirku dalam mencapai gelar sarjana sebagai tanggung jawabku kepada :

1. Bapak dan Ibu serta adikku tercinta atas do'a jerih payah dan kasih sayangnya.
2. Inspirasiku Hanif Nur Anisa Dewi yang selalu menemani dan memberikan support.
3. Teman-teman semua yang menyayangiku.
4. Almamater yang kubanggakan.
5. Dan juga untuk kehidupanku.



**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN *HEAT EXCHANGER*  
*CROSS FLOW RECTANGULAR FIN TUBE*  
VARIASI PUTARAN *ROTARY DRYER***

Eko Mulyo Wibowo, Sartono Putro  
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura  
Email : [ekowibowo3815@gmail.com](mailto:ekowibowo3815@gmail.com)

**ABSTRAK**

*Alat penukar kalor adalah alat yang digunakan untuk memindahkan kalor dari satu sistem ke sistem lain. Unit heat exchanger terdiri dari air heater dan rotary dryer. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan putaran rotary dryer yang optimum dalam pengeringan singkong ditinjau dari pengurangan massa singkong, kalor yang diterima singkong, efisiensi rotary dryer, dan efisiensi heat exchanger. Variasi putaran yang digunakan adalah 26,25 rpm; 30 rpm; 42 rpm; dan 70 rpm. Penelitian ini juga memiliki 2 variasi jumlah fin pada air heaternya, akan dihitung kalor yang dihasilkan air heater serta efisiensi dari air heater.*

*Cara kerja dari alat penukar kalor ini adalah aliran udara selaku fluida dingin yang dihasilkan oleh blower masuk ke dalam air heater. Di dalam air heater, udara menerima kalor dari fluida panas yang mengalir di sela-sela shell air heater. Sumber fluida panas tersebut berasal dari kompor yang berada di bawah air heater. Setelah menerima kalor, udara yang telah panas tersebut masuk menuju rotary dryer, yaitu tempat dimana singkong diletakkan untuk proses pengeringan.*

*Hasil pengeringan optimum untuk air heater dengan 2 rectangular fin tube terjadi pada putaran 42 rpm, yaitu pengurangan massa sebesar 0,210 kg, kalor yang diterima singkong sebesar 386623 J, efisiensi rotary dryer 5,42%, dan efisiensi unit heat exchanger 3,85%, Kalor yang dihasilkan air heater serta efisiensi air heater berbanding lurus dengan kenaikan putaran rotary dryer hingga pada titik puncaknya 42 rpm. Untuk air heater dengan 4 rectangular fin tube pengeringan optimum terjadi pada putaran 70 rpm, yaitu pengurangan massa sebesar 0,260 kg, kalor yang diterima singkong sebesar 487888 J, efisiensi rotary dryer 7,40%, dan efisiensi heat exchanger 4,86%. Kalor yang dihasilkan air heater serta efisiensi air heater berbanding terbalik dengan kenaikan putaran rotary dryer pada range putaran 26,25 rpm sampai 70 rpm.*

*Kata kunci : heat exchanger, air heater, rotary dryer, putaran, massa , efisiensi.*



**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN HEAT EXCHANGER  
CROSS FLOW RECTANGULAR FIN TUBE  
VARIASI PUTARAN ROTARY DRYER**

Eko Mulyo Wibowo, Sartono Putro  
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura  
Email : [ekowibowo3815@gmail.com](mailto:ekowibowo3815@gmail.com)

**ABSTRACT**

*Heat exchanger is a tool used to transfer heat from one system to another. The heat exchanger unit consists of air heater and rotary dryer. The purpose of this research is to get the optimum rotary dryer's rotation in cassava drying in terms of reduction of cassava's mass, heat accepted by cassava, rotary dryer's efficiency, and heat exchanger's efficiency. The variations of rotation used were 26.25 rpm; 30 rpm; 42 rpm; and 70 rpm. This research also has 2 variations of fin number in its air heater, it will be calculated how much heat produced by air heater and efficiency of air heater.*

*The operation of this heat exchanger is the air flow as the cold fluid produced by the blower enter into the air heater. In the air heater, air receives heat from the hot fluid flowing through the air heater's shell. The source of the hot fluid comes from the stove under the air heater. After receiving the heat, the hot air goes into the rotary dryer, the place where cassava is placed for the drying process.*

*The optimum drying result for air heater with 2 rectangular fin tube occurred at rotation of 42 rpm, which has a mass reduction of 0.210 kg, 386623 J heat received by cassava, 5.42% rotary dryer's efficiency and 3.85% heat exchanger unit's efficiency. The heat produced by air heater and the air heater's efficiency is directly proportional to the increase of rotary dryer's rotation to the peak of 42 rpm. For air heater with 4 rectangular fin tubes the optimum drying occurred at rotation of 70 rpm, which has a mass reduction of 0.260 kg, 487888 J heat received by cassava, 7.40% rotary dryer's efficiency, and 4.86% heat exchanger's efficiency. The Heat produced by air heater and the air heater's efficiency inversely proportional to the increase of rotary dryer's rotation in the range of rotation 26.25 rpm to 70 rpm.*

**Keywords:** *heat exchanger, air heater, rotary dryer, rotation, mass, efficiency.*

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun dan Pengujian *Heat Exchanger Rectangular Fin Tube Variasi Putaran Rotary Dryer*”** dengan lancar tanpa kendala yang berarti. Penulis tidak akan berhasil menyelesaikan laporan ini tanpa adanya bimbingan dan bantuan dari semua pihak. Maka dari itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Mulyono dan Ibu Jumilah yang selalu memberikan motivasi, doa, semangat, dan atas segala upaya yang beliau lakukan, serta adik tercinta Ratna Dewi Mulyawati dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan.
2. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. Subroto, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta serta sebagai anggota dewan penguji.
4. Bapak Ir. Sartono Putro, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak memberikan bimbingan, pengarahan dan masukan dengan sabar.
5. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, M.T., selaku Koordinator Tugas Akhir yang telah banyak memberikan masukan dan bimbingan dengan sabar.
6. Bapak Nur Aklis S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama menyelesaikan masa perkuliahan.
7. Bapak Agung Setyo Darmawan S.T., M.T., selaku dosen seminar dan sekretaris dewan penguji yang telah memberikan arahan dan masukan pada laporan tugas akhir ini.

8. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan bekal ilmu selama menyelesaikan masa perkuliahan.
9. Rekan seperjuangan dalam mengerjakan tugas akhir ini, Muhammad Syarif Hidayat, Aldi Kurnia Sura Pratama, Faisal Ardi Nugroho, Benny Ariyanto.
10. Serta pihak-pihak yang secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam mensukseskan penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki beberapa kekurangan pada pembahasan, isi ataupun mutu keilmiahannya. Untuk itu penulis berharap adanya kritik dan saran dari pembimbing dan pembaca demi perbaikan tugas akhir ini. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat menjadi pengembang wawasan serta bermanfaat dalam pengembangan pengetahuan pada bidang teknologi mesin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Surakarta, Juni 2018

**Penulis**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR .....	v
MOTTO .....	vi
PERSANTUNAN .....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR RUMUS .....	xviii
DAFTAR SIMBOL .....	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	4
1.5. Sistematika Penulisan .....	4

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka .....	6
2.2. Dasar Teori .....	8
2.2.1 Pandangan Umum tentang Alat Penukar Kalor .....	8
2.2.2 Jenis-Jenis <i>Heat Exchanger</i> .....	11
2.2.3 Aliran Fluida dan Distribusi Temperatur .....	16
2.2.3.1 Alat Penukar Kalor dengan Perubahan Fase .	17
2.2.3.2 Alat Penukar Kalor Tanpa Perubahan Fase ...	18
2.2.4 Teori kesetimbangan Kalor .....	19
2.2.5 Perpindahan Kalor .....	21
2.2.6 Koefisien Perpindahan Kalor .....	27
2.2.7 Pengeringan .....	29
2.2.8 Jenis-Jenis Alat Pengering .....	32

## BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Instalasi Pengujian .....	34
3.2. Alat dan Bahan .....	35
3.2.1 Alat Penelitian .....	35
3.2.2 Bahan Penelitian .....	40
3.3. Tempat Penelitian .....	41
3.4. Diagram Alir Penelitian .....	42
3.5. Prosedur Penelitian .....	43

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Dimensi Air Heater .....	44
4.2. Data Dimensi Rotary Dryer .....	44
4.3. Data Hasil Pengujian .....	45

4.4. Analisa Perhitungan.....	46
4.4.1 Pengujian 1 .....	46
4.4.2 Hasil Perhitungan.....	50
4.5. Pembahasan	
4.5.1 Pengaruh putaran <i>rotary dryer</i> terhadap kalor yang dihasilkan <i>air heater</i> . ....	52
4.5.2 Pengaruh putaran <i>rotary dryer</i> terhadap pengurangan massa singkong. ....	53
4.5.3 Pengaruh putaran <i>rotary dryer</i> terhadap kalor yang diterima untuk menguapkan air dari singkong. ....	54
4.5.4 Pengaruh putaran <i>rotary dryer</i> terhadap efisiensi <i>air heater</i> . ....	55
4.5.5 Pengaruh putaran <i>rotary dryer</i> terhadap efisiensi <i>rotary dryer</i> . ....	56
4.5.6 Pengaruh putaran <i>rotary dryer</i> terhadap efisiensi unit <i>heat exchanger</i> . ....	57
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan .....	59
5.2. Saran .....	60
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 APK langsung .....	9
Gambar 2.2 Distribusi temperatur-panjang tube .....	10
Gambar 2.3 APK tidak langsung .....	11
Gambar 2.4 <i>Concentric tube</i> .....	12
Gambar 2.5 Skema <i>shell and tube</i> .....	13
Gambar 2.6 <i>Shell and tube</i> satu lintas .....	13
Gambar 2.7 <i>Shell and tube</i> dua lintas .....	13
Gambar 2.8 Konfigurasi aliran pada <i>cross flow</i> .....	15
Gambar 2.9 <i>Plate and frame</i> .....	16
Gambar 2.10 Distribusi temperatur-panjang tube pada kondensor .....	17
Gambar 2.11 Distribusi temperatur-panjang tube pada evaporator .....	18
Gambar 2.12 Distribusi temperatur-panjang tube .....	19
Gambar 2.13 Skema konsep kesetimbangan kalor .....	20
Gambar 2.14 Perpindahan kalor konduksi .....	22
Gambar 2.15 Arah aliran kalor .....	23
Gambar 2.16 Perpindahan kalor konveksi .....	25
Gambar 2.17 Konveksi paksa dan konveksi bebas .....	26
Gambar 2.18 Perpindahan panas menyeluruh pada permukaan datar .....	27
Gambar 2.19 Aliran panas pada silinder .....	29
Gambar 2.20 <i>Tray dryer</i> .....	32
Gambar 2.21 <i>Spray dryer</i> .....	32
Gambar 2.22 <i>Rotary dryer</i> .....	33
Gambar 3.1 Instalasi pengujian .....	34
Gambar 3.2 <i>Air heater</i> .....	35
Gambar 3.3 Skema aliran fluida di <i>air heater</i> .....	36
Gambar 3.4 <i>Rotary dryer</i> .....	37
Gambar 3.5 Blower .....	37
Gambar 3.6 Kompor .....	38
Gambar 3.7 <i>Thermocouple</i> .....	38
Gambar 3.8 <i>Anemometer</i> .....	39



Gambar 3.9 Neraca singkong .....	39
Gambar 3.10 Neraca gas.....	40
Gambar 3.11 Stopwatch .....	40
Gambar 3.12 Tabung LPG .....	41
Gambar 3.13 Singkong .....	41
Gambar 3.14 Diagram alir pengujian .....	42
Gambar 4.1 Pengaruh putaran <i>rotary dryer</i> terhadap kalor yang dihasilkan <i>air heater</i> .....	52
Gambar 4.2 Pengaruh putaran <i>rotary dryer</i> terhadap pengurangan massa singkong .....	53
Gambar 4.3 Pengaruh putaran <i>rotary dryer</i> terhadap kalor yang diterima untuk menguapkan air dari singkong.....	54
Gambar 4.4 Pengaruh putaran <i>rotary dryer</i> terhadap efisiensi <i>air heater</i> .....	55
Gambar 4.5 Pengaruh putaran <i>rotary dryer</i> terhadap efisiensi <i>rotary dryer</i> .....	56
Gambar 4.6 Pengaruh putaran <i>rotary dryer</i> terhadap efisiensi unit <i>heat exchanger</i> .....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keunggulan dan kelemahan <i>rotary dryer</i> .....	33
Tabel 4.1 Data hasil pengujian <i>air heater 2 rectangular fin tube</i> .....	45
Tabel 4.2 Data hasil pengujian <i>air heater 4 fin tube</i> .....	46
Tabel 4.3 Properti udara. ....	47
Tabel 4.4 Properti air. ....	47
Tabel 4.5 Hasil perhitungan <i>air heater 2 rectangular fin tube</i> .....	50
Tabel 4.6 Hasil perhitungan <i>air heater 4 rectangular fin tube</i> .....	50

## DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1	Perhitungan kalor.....	19
Rumus 2.2	Azaz Black.....	20
Rumus 2.3	Laju perpindahan kaor konduksi.....	23
Rumus 2.4	Pesamaan umum untuk kalor 3 dimensi.....	24
Rumus 2.5	Persamaan umum untuk konduktivitas konstan .....	24
Rumus 2.6	Laju konveksi.....	24
Rumus 2.7	Koefisien perpindahan panas konveksi .....	26
Rumus 2.8	Konduksi pada plat datar .....	27
Rumus 2.9	Perpindahan panas konduksi .....	28
Rumus 2.10	Aliran panas menyeluruh .....	28
Rumus 2.11	Koefisien perpindahan panas menyeluruh.....	28
Rumus 2.12	Koefisien perpindahan menyeluruh pada tabung .....	29
Rumus 2.13	Efisiensi alat pengering.....	31
Rumus 2.14	Kalor pembakaran LPG .....	31
Rumus 2.15	Kalor pengeringan .....	31

## DAFTAR SIMBOL

### Simbol

$q$	= Laju Perpindahan Kalor (W)
$U$	= Koefisien Perpindahan Kalor Total ( $\text{W/m}^2\text{°C}$ )
$A$	= Luas Permukaan penampang ( $\text{m}^2$ )
$\Delta T_{\text{LMTD}}$	= Perbedaan Temperatur Rata-rata Logaritma ( $\text{°C}$ )
$K$	= Konduktivitas Thermal ( $\text{W/m}^{\circ}\text{C}$ )
$\Delta T$	= Perubahan Temperatur ( $\text{°C}$ )
$\Delta x$	= Jarak Perpindahan panas (m)
$h$	= Koefisien Perpindahan Kalor ( $\text{W/m}^2\text{°C}$ )
$T_s$	= Temperatur permukaan ( $\text{°C}$ )
$T_{\sim}$	= Temperatur lingkungan ( $\text{°C}$ )
$\dot{m}$	= Laju Massa ( $\text{Kg/s}$ )
$C_p$	= Kalor Jenis ( $\text{J/Kg}^{\circ}\text{C}$ )
$m$	= Massa ( $\text{Kg/s}$ )
$\sigma$	= Konstanta <i>Boltzman</i> ( $5,699 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ )
$Re$	= Angka Reynolds
$\eta$	= Efisiensi (%)
$\nu$	= Viskositas Kinematik fluida ( $\text{m}^2/\text{s}$ )
$\mu$	= Viskositas Dinamik fluida ( $\text{Kg/m.s}$ )
$D$	= Diameter (m)
$Q_{\text{bb}}$	= Kalor pembakaran (J)
$m_{\text{bb}}$	= massa untuk proses pembakaran (Kg)
$Q_{\text{HHV}}$	= <i>High Heating Value</i> ( $\text{J/Kg}$ )
$Q_u$	= Kalor penguapan (J)
$h_{\text{fg}}$	= entalpi uap ( $\text{J/Kg}$ )

### Subskrip

$c$	= <i>cool</i>
$h$	= <i>hot</i>